

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **10-190149**

(43)Date of publication of application : **21.07.1998**

---

(51)Int.Cl.

**H01S 3/18**

**H01L 33/00**

---

(21)Application number : **08-349418** (71)Applicant : **NICHIA CHEM IND LTD**

(22)Date of filing : **27.12.1996** (72)Inventor : **SUGIMOTO YASUNOBU**  
**NAKAMURA SHUJI**

---

**(54) MANUFACTURE OF NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT**

[Claim(s)]

[Claim 1] After growing up a nitride semi-conductor layer on the silicon on sapphire which makes C side a principal plane, the nitride semi-conductor layer is etched. The 1st process which produces a resonance side to the etching end face of a nitride semi-conductor layer, The 2nd process which divides the silicon on sapphire between the resonance sides and resonance sides which were continuously made by etching, and which counter mutually by the Ath page or the Mth page, The manufacture approach of the nitride semiconductor laser component characterized by having the 3rd process at which it is made for the part containing the substrate projected from the resonance side not to interrupt the laser beam by which outgoing radiation is carried out from a resonance side.

[Claim 2] Said 2nd process is the manufacture approach according to claim 1 characterized by being the cleavage of silicon on sapphire.

[Claim 3] The manufacture approach according to claim 1 or 2 characterized by performing said the 2nd process and 3rd process to coincidence.

[Claim 4] Said 3rd process is the manufacture approach according to claim 1 or 2 characterized by being the process which removes the part containing the substrate projected from the resonance side by etching or polish.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the manufacture approach of the laser component which consists of a nitride semi-conductor ( $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$ ), and relates to the manufacture approach of a laser component that one [ at least ] resonance side was especially formed of etching.

[0002]

[Description of the Prior Art] The resonance side for resonating luminescence of a barrier layer inside a semi-conductor layer is required for the laser component which generally consists of a compound semiconductor. Long wavelength luminescence semiconductor laser by which current utilization is carried out, such as infrared rays and red, consists of ingredients, such as  $\text{GaAlAs}$ ,  $\text{GaAlAsP}$ , and  $\text{GaInP}$ , and these ingredients grow on for example, a  $\text{GaAs}$  substrate. Since  $\text{GaAs}$  has cleavability in the ingredient itself, let the resonance side of said long wavelength semiconductor laser be a cleavage plane using the cleavability of this  $\text{GaAs}$  substrate in many cases.

[0003] On the other hand, it is difficult to carry out cleavage of the substrate and to make the cleavage plane of a nitride semi-conductor a resonance side, in order that a nitride semi-conductor may grow in many cases on the substrate which does not almost have cleavability like sapphire (aluminum  $2\text{O}_3$ ). On the other hand, although there is also the approach of forming the resonance side of a nitride semi-conductor by etching, when a substrate is divided by dicing, scribing, etc., in order for the flat surface of the substrate projected from the resonance side to make outgoing radiation light reflect and penetrate after forming a resonance side by etching, there is a problem that the direction of beam outgoing radiation of an outgoing radiation laser beam will become slanting to a substrate horizontal plane. That is, the far field pattern of a laser beam will be disturbed, for example, an elliptical laser beam is not obtained. If a far field pattern is confused, association with a laser beam and a lens will become difficult, and it will be hard to use as the light source.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Therefore, the place made into the purpose of this invention is to form a resonance side in the nitride semi-conductor which grew on the difficult silicon on sapphire of cleavage, and offer the manufacture approach of a laser component that the laser beam which has an ellipse-like far field pattern configuration is obtained.

[0005]

[Means for Solving the Problem] The manufacture approach of the laser component of this invention etches the nitride semi-conductor layer, after growing up a nitride semi-conductor layer on the silicon on sapphire which makes C side a principal plane. The 2nd process which divides the silicon on sapphire between the resonance sides and resonance sides which were continuously made to the etching end face of a nitride semi-conductor by etching with the 1st process which produces a resonance side, and which counter mutually by the Ath page or the Mth page, The part containing the substrate projected from the resonance side is characterized by having the 3rd process it is made not to interrupt the

laser beam by which outgoing radiation is carried out from a resonance side.

[0006] As for the 2nd process which divides a substrate between a resonance side and a resonance side, it is desirable that it is the cleavage process of silicon on sapphire.

[0007] Furthermore by the approach of this invention, it is characterized by performing said the 2nd process and 3rd process to coincidence. That is, it is made for the part containing the substrate projected from the resonance side made by etching not to interrupt the laser beam by which outgoing radiation is carried out from a resonance side at the same time it divides.

[0008] Moreover, the 3rd process is characterized by being the process which removes the part containing the substrate projected from the resonance side by etching or polish.

[0009]

[Embodiment of the Invention] At the 1st process of this invention, a nitride semiconductor is etched and a resonance side is formed in the etching end face of a barrier layer. As for an etching end face, it is desirable to make it become almost perpendicular to a substrate. As an etching means, by being able to use preferably dry etching means, such as reactive ion etching (RIE), reactant ion beam etching (RIBE), and ion milling, for example, and choosing etching gas suitably, an etching rate is controlled, and an etching end face is smooth and can produce a mutual almost parallel resonance side. Drawing 1 is the typical sectional view showing the structure of the nitride semiconductor wafer by the 1st process of this invention, in the silicon on sapphire to which 1 makes C side a principal plane, and 2, n mold nitride semi-conductor layer (henceforth n type layer) and 3 show a barrier layer, and 4 shows p mold nitride semi-conductor layer (henceforth p type layer). This drawing is a mimetic diagram showing the structure at the time of cutting the wafer which carried out the laminating of the nitride semi-conductor layer on the silicon on sapphire 1 which makes C side a principal plane in a direction parallel to the resonance direction of laser.

[0010] Thus, in the 1st process, a resonance side can be formed in the end face of a barrier layer by etching a nitride semi-conductor. In addition, a resonance side points out the field for resonating the laser beam formed in the end face of a barrier layer. If a resonance side is formed by etching as shown in drawing 1, the front face of n type layer which followed the etching end face of a nitride semiconductor layer will be exposed, and the resonance side of one laser component and the resonance side of another laser component will serve as structure which countered mutually. That is, the resonance side and resonance side which counter mutually are continuously made by etching.

[0011] Next, the 2nd process of this invention divides the silicon on sapphire between the resonance sides and resonance sides which were formed continuously in this way and which counter by the Ath page or the Mth page. Drawing 1 R> 1 shows that it is also with an alternate long and short dash line about the division location of silicon on sapphire 1. Drawing 3 is sapphire and the block cel Fig. showing the crystal structure of a nitride semi-conductor. Thus, sapphire and a nitride semiconducting crystal can be approximated with hexagonal system. C side points out field bearing equivalent to the field shown in

this drawing (0001), and is [External Character 1] in the Ath page.

Field bearing equivalent to a field is pointed out and it is [External Character 2] in the Mth page.

Field bearing equivalent to a field is pointed out. Although six kinds of field bearings can show the Ath page and the Mth page along the side of a hexagonal prism, or top-most vertices, respectively, since all show the same field bearing, the field (outside 1) and the field (outside 2) shall show on behalf of each field bearing.

[0012] if a means prepare a cutline in a substrate front face and a rear face with a certain means, break a substrate, namely, carry out cleavage of the substrate and divide it although there is a means to carry out scribing for example, of the substrate rear face, and to break it, a means to carry out half cutting of the substrate rear face, and to break it by dicing similarly, or a means that carries out full cutting by dicing as means to divide the silicon on sapphire the nitride semiconductor grew up to be is chosen -- \*\* -- it is desirable. It is because sapphire is the hard matter like a diamond, so it is in the inclination which requires long duration, and is divided into the nitride semi-conductor layer which is in a cutting plane further, and defects, such as a chip, tend to produce when full cutting is carried out. If sapphire is furthermore broken by the Ath page or the Mth page, it will be easy to be divided in an exact location straightly the same [ the sapphire said for there to be no cleavability ] with having carried out cleavage. Thus, in case sapphire is divided by the Ath page or the Mth page, it is desirable to adjust the thickness of a substrate to 100 micrometers or less. When thicker than 100 micrometers, it is in a difficult inclination that cleavage divides in an exact location. When 6-micrometer or more laminating of the n mold contact layer which carries out 6-micrometer or more laminating of the total thickness of a nitride semi-conductor layer preferably, or is grown up on a substrate is carried out and thickness of a substrate is made thin to 60 micrometers or less, with a laser component, heat dissipation nature becomes good, it becomes long lasting, and there is an advantage of becoming easy to divide in the still more exact location also at cleavage.

[0013] Drawing 4 is the top view of a nitride semiconductor wafer, and after it carries out the laminating of the nitride semi-conductor and specifically forms a resonance side by etching on a sapphire C side, it is drawing showing typically the configuration of the wafer seen from the nitride semi-conductor layer side. With the substrate which made the sapphire C side the principal plane as shown in drawing 4 , and made the Ath page or the Mth page the cage hula (orientation flat) side, if a substrate is divided to a cage hula side in a perpendicular location as the alternate long and short dash line of drawing 4 shows, a laser bar-like component will be obtained by the Ath page of a substrate, or the Mth page. Therefore, when forming a resonance side by etching, it cannot be overemphasized that it is necessary to design a component configuration

beforehand so that the resonance direction of laser may become parallel to a cage hula side.

[0014] Next, at the 3rd process of the manufacture approach of this invention, the part containing the substrate projected from the resonance side is characterized by making it not interrupt the laser beam by which outgoing radiation is carried out from a resonance side. When a resonance side is formed by etching, as explained above, a flat surface appears between a resonance side and a resonance side. Usually, although divided in the flat-surface section, if it divides in the flat-surface section, the part projected outside the resonance side will remain. Drawing 2 R> 2 is the typical sectional view showing the structure of a nitride semiconductor laser component, and shows drawing at the time of cutting a component in a direction parallel to the resonance direction of a laser beam. When a component is divided in a location as shown with the alternate long and short dash line of drawing 1, the flat surface of a lobe reflects a laser beam and disturbs a far field pattern so that it may be shown in the direction of B of drawing 2. It is made for the part containing the substrate projected from one [ at least ] resonance side not to interrupt a laser beam like the direction of A at the 3rd process. As a means for that, as the alternate long and short dash line of drawing 1 shows [ 1st ], one of division locations is set as the location close to a resonance side, for example, and there is a means to make it a lobe not interrupt a laser beam to division of a substrate and coincidence. For that purpose, it is most desirable to carry out cleavage of the substrate. Moreover, there is a means by which etching or polish removes the part projected from the substrate after dividing into the 2nd. Any may be used although there are both wet etching and dry etching in etching. In wet etching, etching by the mixed acid of a phosphoric acid and a sulfuric acid and dry etching have etching by RIE etc., as described above.

[0015] In addition, at the 3rd process of this invention, one [ at least ] laser beams of a resonance side are not necessarily both that what is necessary is just to make it not interrupted by the lobe. For example, when only using as a detection side of a photodetector, not using the lobe as a laser beam's fetch side even if a lobe is in one resonance side side as shown in drawing 2, especially a far field pattern configuration is not asked.

[0016] Moreover, drawing 5 is the typical sectional view showing the structure of the nitride semiconductor wafer by the 1st process of this invention, and drawing 6 is the typical sectional view showing the structure of the laser component at the time of an alternate long and short dash line dividing the wafer of drawing 5. Drawing 5 and 6 shall show other modes concerning the manufacture approach of this invention, and drawing 1 and the same sign as 2 shall show the same member.

[0017] The point that drawing 5 differs from the wafer of drawing 1 is in the place which makes one division location of a resonance side the nitride semi-conductor layer side in which a barrier layer is contained. Thus, when it considers as the flat surface of the nitride semi-conductor layer which exposed one division location by etching and another division location is used as the nitride semi-conductor layer in which a barrier layer is contained, reflection factors differ in respect of

mutual resonance, respectively, and if a resonance side side with a smaller reflection factor is made into a laser beam's fetch side, a very high power laser component will be obtained. In this case, when dividing the nitride semi-conductor with which a barrier layer is contained, it is necessary to divide by cleavage. If cleavage divides, to the end face of the barrier layer of a nitride semi-conductor layer, the low resonance side of the reflection factor by the cleavage of a nitride semi-conductor is producible.

[0018]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on a drawing. Drawing 7 is the typical sectional view showing the structure of the laser component by the approach of this invention.

[0019] [Example 1]

1) Make 300 micrometers in thickness, and C side of 2 inch phi into a principal plane. A cage hula side It is 2 on the silicon on sapphire 1 made into the Mth page. It is the buffer layer 21 which consists of GaN 200A 3 It is the contact layer 22 which consists of an Si dope n mold GaN 6 micrometers 4 The crack prevention layer 23 which consists of Si dope n mold In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N 500 A 5 It is n mold cladding layer 24 which consists of Si dope n mold aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N 0.5 micrometers 6 It is 0.2 micrometers (above, n type layer 2) about n mold lightguide layer 25 which consists of an Si dope GaN.

7) The barrier layer 3 (barrier layer total thickness, 250A) which carried out 3 pair laminating of the barrier layer which becomes 25A from Si dope In<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.95</sub>N about the well layer which consists of Si dope In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N to 50A, and carried out the laminating of the well layer to the last

8) It is p mold cap layer 41 which consists of Mg dope p mold aluminum<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N 300A and 9 It is p mold lightguide layer 42 which consists of a Mg dope p mold GaN 0.2 micrometers 10 It is p mold cladding layer 43 which consists of Mg dope p mold aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N 0.5 micrometers 11 The laminating of the p mold contact layer 44 which consists of a Mg dope p mold GaN is carried out to order by 0.2 micrometers (above, p type layer 4) thickness.

[0020] 2) A buffer layer 21 grows up AlN, GaN, AlGa<sub>1-X</sub>N, etc. at the temperature of 900 degrees C or less, and can grow by thickness 20A - 0.2 micrometers or less still more preferably 10A - 0.5 micrometers or less of thickness.

[0021] 3) It is desirable In<sub>X</sub>Al<sub>Y</sub>Ga<sub>1-X-Y</sub>N (0 ≤ X, 0 ≤ Y, X+Y ≤ 1) and that Y value constitutes n mold contact layer 22 from 0.5 or less Al<sub>Y</sub>Ga<sub>1-Y</sub>N still more preferably, by constituting from GaN which doped Si or germanium also in it, n type layer with high carrier concentration is obtained, and n electrode and desirable ohmic contact are acquired. This layer can grind silicon on sapphire to 60 micrometers or less by making it grow up by 6 micrometers or more, and making it grow up by thickness 7 micrometers or more still more preferably, and it has the operation which raises the heat dissipation nature of a laser component while making a substrate easy to break by cleavage.

[0022] 4) The nitride semi-conductor of n mold containing In, and by making it grow up by InGa<sub>1-X</sub>N preferably, it becomes possible to grow up n mold cladding layer containing aluminum grown up into a degree of the crack prevention layer 23 with a thick film, and it is very desirable. In the case of LD, it is necessary to

grow up an optical confinement layer and the becoming layer by thickness 0.1 micrometers or more preferably. Although component production was difficult in the former since the crack went into AlGaIn grown up later when AlGaIn of a thick film was directly grown up on GaN and an AlGaIn layer, it can prevent that a crack goes into n mold cladding layer in which this crack prevention layer contains aluminum grown up into a degree. As for a crack prevention layer, it is desirable to make it grow up by thickness (100Å or more and 0.5 micrometers or less). If thinner than 100Å, it will be hard to act as crack prevention as mentioned above, and when thicker than 0.5 micrometers, it is in the inclination for the crystal itself to be discolored in black. Although this crack prevention layer is also omissible depending on the conditions of the growth approach, growth equipment, etc., when producing LD, make it in addition, more desirable to grow up. In addition, this crack prevention layer may be grown up into n mold contact layer.

[0023] 5) As for n mold cladding layer 24, it is desirable the nitride semiconductor which acts as a carrier confining layer and an optical confinement layer, and contains aluminum, and to grow up AlGaIn preferably, and it can form a crystalline good carrier confining layer by growing up still more preferably 100Å or more 2 micrometers or less by 500Å or more and 1 micrometer or less.

[0024] 6) As for n mold lightguide layer 25, it is desirable to act as a lightguide layer of a barrier layer and to grow up GaN and InGaIn, and it is usually desirable to make it grow up by 200Å - 1 micrometer thickness still more preferably 100Å - 5 micrometers.

[0025] 7) If a barrier layer 3 considers as the multiplex quantum well structure which carried out the laminating of the well layer which consists of a nitride semiconductor containing In of 70Å or less of thickness, and the barrier layer which consists of a nitride semiconductor with larger bandgap energy than the well layer of 150Å or less of thickness, it will be easy to carry out laser oscillation of it.

[0026] 8) Although the cap layer 41 was used as p mold, since thickness is thin, it is good also as an i mold with which n mold impurity was doped and the carrier was compensated, and let it be p mold most preferably. 0.1 micrometers or less of 500Å or less of thickness of p mold cap layer are most preferably adjusted to 300Å or less still more preferably. It is because a crack becomes easy to enter into p mold cap layer and a crystalline good nitride semiconductor layer cannot grow easily, if it is made to grow up by thickness thicker than 0.1 micrometers. It becomes impossible moreover, for a carrier to pass this energy barrier according to the tunnel effect. If AlGaIn with the larger presentation ratio of aluminum forms thinly, it will become easy to oscillate LD component. For example, if Y values are 0.2 or more Al<sub>Y</sub>Ga<sub>1-Y</sub>N(s), adjusting to 500Å or less is desirable. Although especially the minimum of the thickness of p mold cap layer 18 does not limit, it is desirable to form by thickness 10Å or more.

[0027] 9) As for p mold lightguide layer 42, it is desirable to make it grow up by GaN and InGaIn as well as n mold lightguide layer. Moreover, this layer acts as a desirable lightguide layer by acting also as a buffer layer at the time of growing up p mold cladding layer, and growing up 100Å - 5 micrometers by 200Å - 1 micrometer thickness still more preferably.

[0028] 10) As well as n mold cladding layer, as for p mold cladding layer 43, it is

desirable the nitride semi-conductor which acts as a carrier confining layer and an optical confinement layer, and contains aluminum, and to grow up AlGaIn preferably, and it can form a crystalline good carrier confining layer by growing up still more preferably 100Å or more 2 micrometers or less by 500Å or more and 1 micrometer or less. By using this layer as the nitride semi-conductor layer containing aluminum still as mentioned above, since the contact resistance difference of p mold contact layer and p electrode is made, it is desirable.

[0029] In the case of the barrier layer of quantum structure which has the well layer which consists of InGaIn like this example, the barrier layer is touched. p mold cap layer which consists of a nitride semi-conductor containing aluminum of 0.1 micrometers or less of thickness is prepared. p mold lightguide layer with BANDO gap energy smaller than p mold cap layer is prepared in the location which is distant from a barrier layer from the p mold cap layer. It is very more desirable than the p mold lightguide layer to prepare p mold cladding layer which consists of a nitride semi-conductor containing aluminum with a larger band gap than p mold lightguide layer in the location distant from the barrier layer. And since the thickness of p mold cap layer is thinly set up with 0.1 micrometers or less, the electron hole which did not act as barrier of a carrier and was poured in from p layers can pass through p mold cap layer according to the tunnel effect, and recombines efficiently by the barrier layer, and the output of LD improves. That is, since a carrier does not overflow a barrier layer but it is prevented in p mold cap layer whether the temperature of a semiconductor device rises since the poured-in carrier has the large bandgap energy of p mold cap layer, or an inrush current consistency increases or, a carrier accumulates in a barrier layer and becomes possible [ emitting light efficiently ]. Therefore, since it is rare for luminous efficiency to fall even if a semiconductor device carries out a temperature rise, low LD of a threshold current is realizable.

[0030] 11) p mold contact layer 44 can be constituted from In<sub>X</sub>Al<sub>Y</sub>Ga<sub>1-X-Y</sub>N (0 ≤ X, 0 ≤ Y, X+Y ≤ 1) of p mold, and GaN which doped Mg preferably, then the p electrode 50 and the most desirable ohmic contact are acquired.

[0031] The nitride semi-conductor layer which consists of n type layer 2, a barrier layer 3, and a p type layer 4 on silicon on sapphire 1 with the above configuration is set behind a laminating and in nitrogen-gas-atmosphere mind, a wafer is set in a reaction container, annealing is performed, a part of hydrogen contained in p type layer is removed, and p type layer is further formed into low resistance.

[0032] Next, the mask of a predetermined configuration is formed in the front face of p mold contact layer of the maximum upper layer, and with RIE (reactive ion etching) equipment, as shown in drawing 7 , mesa etching of p mold contact layer 21 and p mold cladding layer 20 of the maximum upper layer is carried out, and it considers as the ridge configuration which has stripe width of face of 4 micrometers.

[0033] A mask is formed in the flat surface of exposed p type layer after ridge formation, and a resonance side is formed in an almost perpendicular location to a stripe-like ridge at the same time it makes it bilateral symmetry to a stripe-like ridge and exposes the flat surface of n mold contact layer 22. Drawing showing the structure of the wafer after resonance side formation is drawing 1 . In addition,

it is made for the direction of a stripe of the nitride semi-conductor of heights exposed after etching to become parallel to a cage hula side, as the configuration of a mask is shown in drawing 4 . Moreover, by forming a resonance side, the current poured in from n layers comes to be built over homogeneity to a barrier layer, and a threshold falls at the same time it exposes n mold contact layer 22 which should form the n electrode 52 to bilateral symmetry to a ridge stripe.

[0034] next, ohmic one which becomes p mold contact layer 44 of the ridge topmost part from nickel and Au -- the p electrode 50 of business is mostly formed in the whole surface. ohmic one which consists of Ti and aluminum on the other hand -- the n electrode 52 of business -- stripe-like n mold contact layer -- it forms in the whole surface mostly. In addition, the whole surface means 80% or more of area mostly. Thus, a threshold falls by also forming n electrode in the whole surface and forming it in bilateral symmetry to a ridge further.

[0035] Next, it crosses all over nitride semi-conductor layer [ after electrode formation and by the side of an electrode ] and p electrode 50, and n electrode 52, and after forming the insulator layer 60 which consists of SiO<sub>2</sub>, opening is prepared in the insulator layer 60 equivalent to the upper part in which the p electrode 50 and the n electrode 52 were formed by etching. Subsequently, as shown in drawing 7 , the p electrode 50 and p pad electrode 51 electrically connected with the n electrode 52, and n pad electrode 53 are formed through this insulator layer 60. p pad electrode 51 extends the surface area of the substantial p electrode 50, and has the operation which can be made to carry out wire bonding of the p electrode side. n pad electrode 53 also lessens peeling of n electrode, and has the operation which can enlarge the current which can be poured in from n electrode.

[0036] The wafer which formed two electrodes as mentioned above is transported to polish equipment, the silicon on sapphire 1 of the side which does not form the nitride semi-conductor is wrapped using a diamond abrasive material, and thickness of a substrate is set to 20 micrometers. After wrapping, it polishes 1 micrometer by the still finer abrasive material, and a substrate front face is made into the shape of a mirror plane.

[0037] (The 2nd process) Next, after carrying out the scribe of the middle of the resonance side of a wafer, and a resonance side from a silicon-on-sapphire side, a laser push rate bar-like chip is produced for a wafer. This direction of a scribe is equivalent to the Ath page of silicon on sapphire.

[0038] Furthermore, plasma-CVD equipment is used for both the resonance side of a laser bar-like chip, the dielectric multilayers which consist of SiO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub> are formed in it, and a reflecting mirror is formed in it.

[0039] (The 3rd process) After reflecting mirror formation, it is in the resonance side side of a laser bar-like chip, and the projecting substrate and projecting n mold contact layer are wrapped, and are adjusted to die length of 5 micrometers.

[0040] It is a location parallel to the n electrode 52 shortly, a scribe divides the laser bar-like chip from which it ground as mentioned above and the lobe was removed, and a rectangular laser chip is obtained.

[0041] Install the laser chip obtained as mentioned above in a heat sink by face up (condition which the substrate and the heat sink countered), and wire bonding

of each electrode is carried out. When laser oscillation is tried at a room temperature, by threshold-current consistency 1.5 kA/cm<sup>2</sup> and threshold voltage 6V Continuous oscillation with an oscillation wavelength of 405nm was checked, as for the far field pattern of the laser beam by which outgoing radiation is carried out from the resonance side of the ground side, the ellipse form of the vertical symmetry was shown to the substrate horizontal direction, and the interference by reflection of a laser beam had not appeared.

[0042] In the 2nd process of the [example 2] example 1, as shown in the alternate long and short dash line of drawing 1 , after carrying out the scribe of the background of silicon on sapphire in the location of the location (about 5 micrometers) close to the resonance side formed by etching, a laser push rate bar-like chip is produced for a wafer. The 2nd process and 3rd process in an example 1 can carry out to coincidence according to this process.

[0043] When the rest produced the laser component like the example 1, continuous oscillation is shown like the laser component of an example 1, the far field pattern of the laser beam which comes out of the resonance 5-micrometer side side of a lobe has elliptical, and the interference by reflection of a laser beam had not appeared.

[0044] In the 2nd process of the [example 3] example 1, half cutting of the silicon on sapphire which hits in the middle of a resonance side and a resonance side is carried out by the dicer from a rear face. A laser push rate bar-like chip is produced for a wafer after half cutting. After the rest ground the lobe of one resonance side like the example 1 and adjusted to 5 micrometers, when it was used as the laser component, the far field pattern of the laser beam which comes out from the resonance side of a 5-micrometer lobe had elliptical like the example 1.

[0045] In the [example 4] example 1, the sapphire of 2 inch phi which makes C side a principal plane at a substrate 1, and makes the Ath page a cage hula side is used, and also the laminating of the nitride semi-conductor is carried out similarly.

[0046] As shown in drawing 1 , after carrying out a scribe from a silicon-on-sapphire side in the 2nd process in the location (about 5 micrometers) close to the resonance side of a wafer furthermore, a laser push rate bar-like chip is produced for a wafer. This direction of a scribe is equivalent to the Mth page of silicon on sapphire. When others produced the laser component like the example 1, the far field pattern of the laser beam which comes out from the resonance side which has a 5-micrometer lobe similarly was elliptical.

[0047] In the 2nd process of the [example 5] example 1, as shown in drawing 5 , after the core (that is, one half of the cavity length of laser) of a nitride semi-conductor layer that one side has a barrier layer, and another side carry out the scribe of the rear-face side of the silicon on sapphire equivalent to the location which approached the resonance side in the distance of 5 micrometers, a push rate obtains a laser bar-like component similarly. The typical sectional view showing the structure of this laser component is drawing 6 , one side of a resonance side is formed of etching, and another side is formed of cleavage. Moreover, a reflecting mirror is formed only in an etching side, and the reflection

factor of the resonance side by the side of an etching side is higher than a cleavage plane, and it is adjusted.

[0048] When the rest produced the laser component like the example 1, there was a 1.5-time output of a laser beam by which outgoing radiation is carried out compared with the thing of an example 1 from the resonance side by the side of a cleavage plane.

[0049] In the [example 6] example 1, after performing to coincidence the process at which the front face of n mold contact layer 22 is exposed by etching, and the process which forms a resonance side, a mask is formed in the front face of 22 of exposed n mold contact layer, n mold contact layer by the side of a resonance side is etched further, and the front face of silicon on sapphire 1 is exposed. Thus, since the part broken at the time of substrate cleavage by carrying out until silicon on sapphire 1 exposes etching by the side of a resonance side serves as only silicon on sapphire, the impact at the time of division propagation-comes to be hard in a nitride semi-conductor layer. For this reason, it is divided into a nitride semiconducting crystal (n type layer), and there is an advantage of the ability to make a chip etc. hard to generate.

[0050] The 2nd process and 3rd process are performed to coincidence, and it is made for the silicon on sapphire by the side of a resonance side not to interrupt a laser beam like an example 2 as for the back. This laser component had the ellipse-like laser beam configuration similarly.

[0051]

[Effect of the Invention] In the laser component which has the part projected from the resonance side, at the etching flat surface which remains after a substrate is divided, it is reflected and penetrated and a part of laser beam by which outgoing radiation is carried out from a barrier layer is interrupted. If a part of laser beam by which outgoing radiation is carried out from a resonance side side is reflected by a substrate, a nitride semi-conductor, etc. which remain, an output will decline, outgoing radiation of the beam will be carried out in the direction of slant, and a far field pattern symmetrical with the upper and lower sides will not be obtained to a substrate horizontal direction. Especially, in the case of semiconductor laser, in front of the resonance side where outgoing radiation of the laser beam is carried out, a lens is prepared in order to condense a laser beam. If other members which interrupt a laser beam are in an outgoing radiation light side, it may be unable to condense well, for example. However, since outgoing radiation of the laser beam is carried out horizontally according to the laser component of this invention, said problem can be solved and condensing of a laser beam becomes easy. Moreover, since a nitride semi-conductor is grown up and is divided by the Mth page and the Ath page on C side of silicon on sapphire, dividing straightly in an exact location is possible.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The type section Fig. showing the structure of the nitride

semiconductor wafer by the 1st process of this invention.

[Drawing 2] The type section Fig. showing the structure of the laser component at the time of the alternate long and short dash line of drawing 1 dividing a wafer.

[Drawing 3] Sapphire and the block cel Fig. showing the crystal structure of a nitride semi-conductor.

[Drawing 4] The top view of a nitride semiconductor wafer.

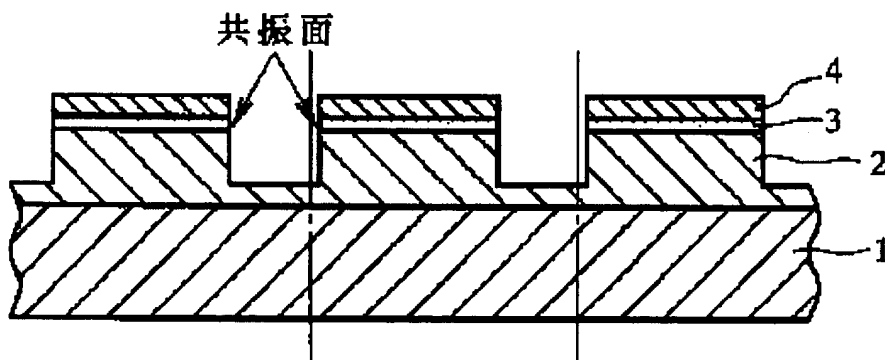
[Drawing 5] The type section Fig. showing the structure of the nitride semiconductor wafer by the 1st process of this invention.

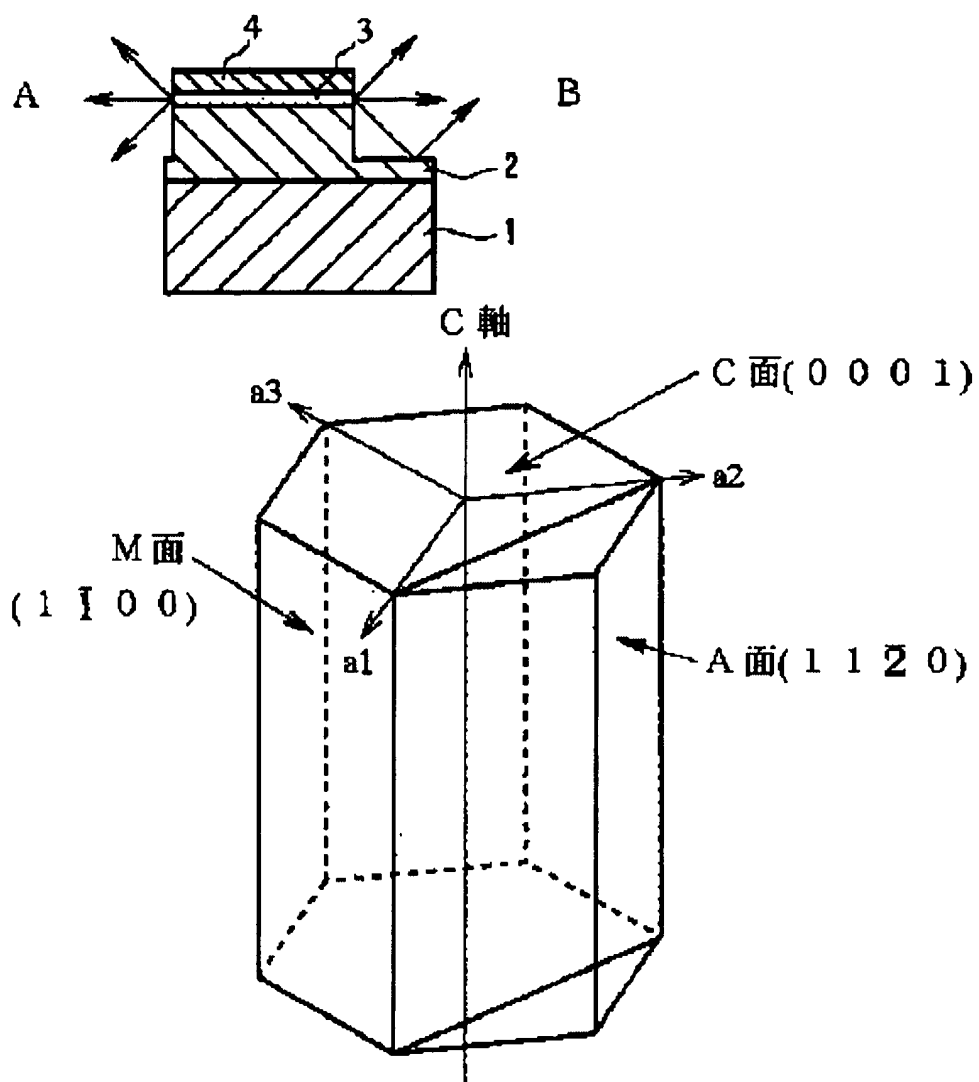
[Drawing 6] The type section Fig. showing the structure of the laser component at the time of the alternate long and short dash line of drawing 5 dividing a wafer.

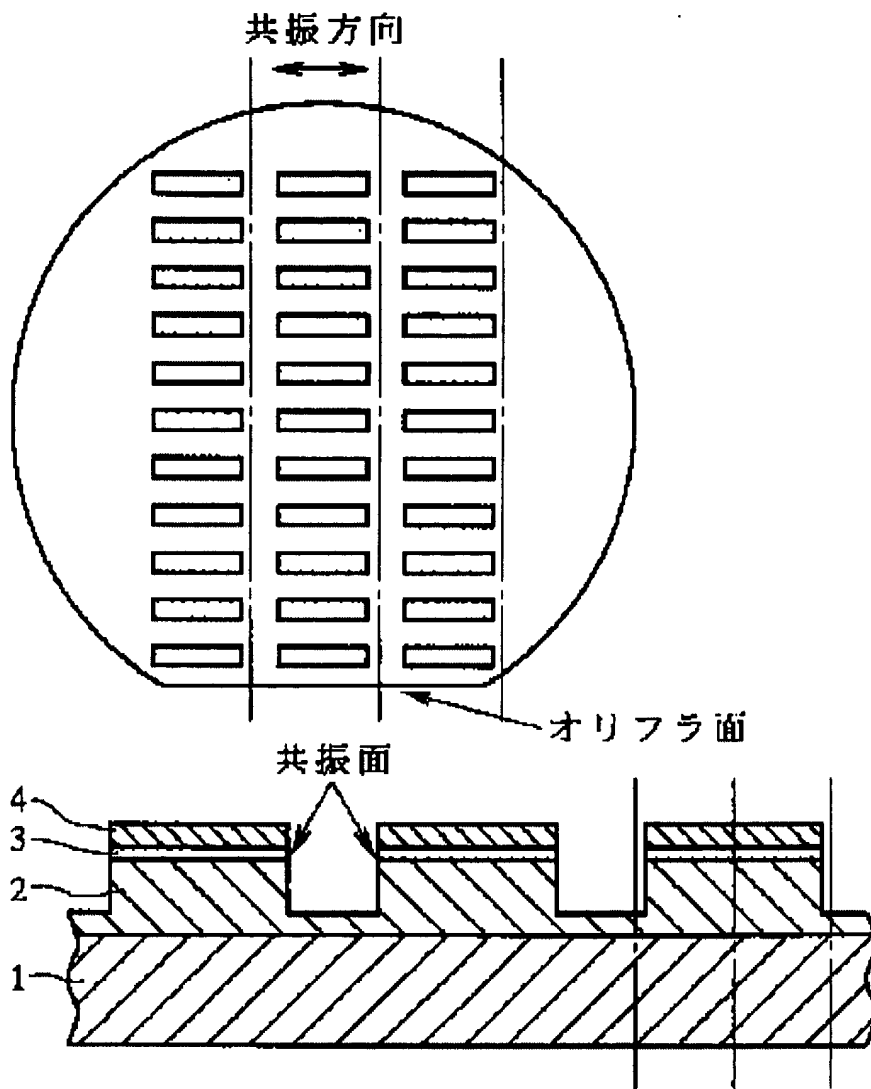
[Drawing 7] The type section Fig. showing the structure of the laser component by the approach of this invention.

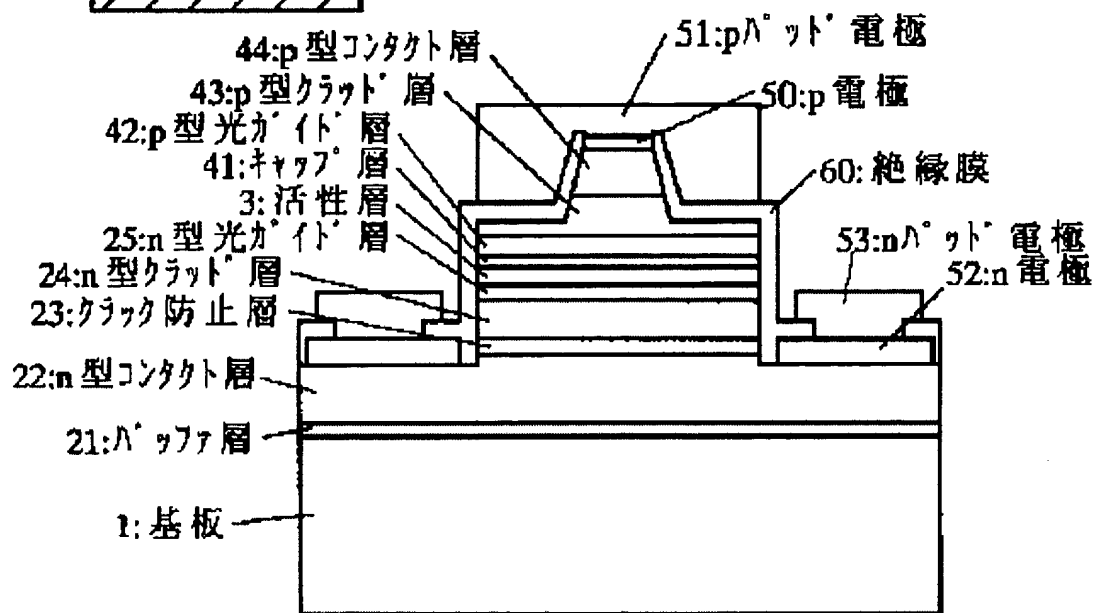
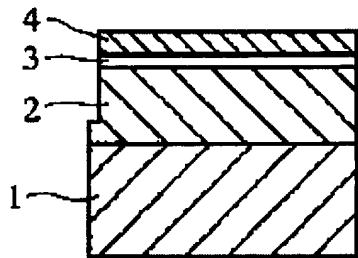
[Description of Notations]

- 1 ... Silicon on sapphire
- 2 ... n type layer
- 3 ... Barrier layer
- 4 ... p type layer
- 21 ... Buffer layer
- 22 ... n mold contact layer
- 23 ... Crack prevention layer
- 24 ... n mold cladding layer
- 25 ... n mold lightguide layer
- 41 ... Cap layer
- 42 ... p mold lightguide layer
- 43 ... p mold cladding layer
- 44 ... p mold contact layer
- 50 ... p electrode
- 51 ... p pad electrode
- 52 ... n electrode
- 53 ... n pad electrode
- 60 ... Insulator layer









(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-190149

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月21日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-349418

(22) 出願日 平成8年(1996)12月27日

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 杉本 康宜

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 中村 修二

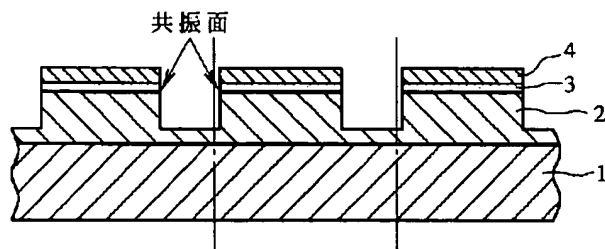
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 劈開の難しいサファイア基板の上に成長された窒化物半導体に共振面が形成されて、楕円状のファーフールドパターン形状を有するレーザビームが得られるレーザ素子の製造方法を提供する。

【構成】 C面を主面とするサファイア基板の上に窒化物半導体層を成長させた後、その窒化物半導体層をエッチングして、窒化物半導体層のエッチング端面に共振面を作製する第1の工程と、エッチングにより連続してできた互いに対向する共振面と共振面との間のサファイア基板をA面若しくはM面で分割する第2の工程と、共振面より突出した基板を含む部分が、共振面より出射されるレーザ光を遮らないようにする第3の工程を備えることにより、レーザ光が共振面より突出した部分の平面で反射されないで楕円状のレーザ光が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 C面を主面とするサファイア基板の上に窒化物半導体層を成長させた後、その窒化物半導体層をエッチングして、窒化物半導体層のエッチング端面に共振面を作製する第1の工程と、エッチングにより連続してできた互いに対向する共振面と共振面との間のサファイア基板をA面若しくはM面で分割する第2の工程と、共振面より突出した基板を含む部分が、共振面より出射されるレーザ光を遮らないようにする第3の工程を備えることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項2】 前記第2の工程はサファイア基板の劈開であることを特徴とする請求項1に記載の製造方法。

【請求項3】 前記第2の工程と第3の工程とを同時に行うことを特徴とする請求項1または2に記載の製造方法。

【請求項4】 前記第3の工程は、共振面より突出した基板を含む部分をエッチング若しくは研磨により除去する工程であることを特徴とする請求項1または2に記載の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は窒化物半導体 ( $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) よりなるレーザ素子の製造方法に係り、特に少なくとも一方の共振面がエッチングにより形成されたレーザ素子の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に化合物半導体よりなるレーザ素子には、活性層の発光を半導体層内部で共振させるための共振面が必要である。現在実用化されている赤外、赤色等の長波長発光半導体レーザは、例えばGaAlAs、GaAlAsP、GaAlInP等の材料よりなり、これらの材料は例えばGaAs基板の上に成長される。GaAsは材料自体に劈開性があるので、前記長波長半導体レーザの共振面はこのGaAs基板の劈開性を利用した劈開面とされることが多い。

【0003】一方、窒化物半導体は例えばサファイア ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) のような劈開性がほとんどない基板の上に成長されることが多いため、基板を劈開して、窒化物半導体の劈開面を共振面とすることは難しい。一方、エッチングにより窒化物半導体の共振面を形成する方法もあるが、エッチングにより共振面を形成した後、基板をダイシング、スクライビング等で分割すると、共振面から突出した基板の平面が出射光を反射、及び透過させるため、出射レーザ光のビーム出射方向が、基板水平面に対して斜めになってしまうという問題がある。つまりレーザ光のファースフィールドパターンが乱されてしまい、例えば楕円形状のレーザビームが得られない。ファース

が難しくなり、光源として使いにくい。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的とするところは、劈開の難しいサファイア基板の上に成長された窒化物半導体に共振面が形成されて、楕円状のファースフィールドパターン形状を有するレーザビームが得られるレーザ素子の製造方法を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明のレーザ素子の製造方法は、C面を主面とするサファイア基板の上に窒化物半導体層を成長させた後、その窒化物半導体層をエッチングして、窒化物半導体のエッチング端面に共振面を作製する第1の工程と、エッチングにより連続してできた互いに対向する共振面と共振面との間のサファイア基板をA面若しくはM面で分割する第2の工程と、共振面より突出した基板を含む部分が、共振面より出射されるレーザ光を遮らないようにする第3の工程を備えることを特徴とする。

【0006】共振面と共振面との間で基板を分割する第2の工程はサファイア基板の劈開工程であることが好ましい。

【0007】さらに本発明の方法では、前記第2の工程と第3の工程とを同時に行うことを特徴とする。つまり分割すると同時に、エッチングによりできた共振面より突出した基板を含む部分が、共振面より出射されるレーザ光を遮らないようにするのである。

【0008】また第3の工程は、共振面より突出した基板を含む部分をエッチング若しくは研磨により除去する工程であることを特徴とする。

## 【0009】

【発明の実施の形態】本発明の第1の工程では、窒化物半導体をエッチングして、活性層のエッチング端面に共振面を形成する。エッチング端面は基板に対してほぼ垂直となるようにすることが望ましい。エッチング手段としては、例えば反応性イオンエッチング (RIE)、反応性イオンビームエッチング (RIBE)、イオンミリング等のドライエッチング手段を好ましく用いることができ、エッチングガスを適宜選択することにより、エッチングレートを制御して、エッチング端面が平滑で、互いにほぼ平行な共振面を作製できる。図1は本発明の第1の工程による窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式的な断面図であり、1はC面を主面とするサファイア基板、2はn型窒化物半導体層 (以下、n型層という。)、3は活性層、4はp型窒化物半導体層 (以下、p型層という。)を示している。この図はC面を主面とするサファイア基板1の上に窒化物半導体層を積層したウェーハをレーザの共振方向に平行な方向で切断した際の構造を示す模式図である。

【0010】このように第1の工程において、窒化物半

が形成できる。なお、共振面とは活性層の端面に形成するレーザ光を共振させるための面を指す。図1に示すように、エッチングにより共振面を形成すると、窒化物半導体層のエッチング端面と連続したn型層の表面が露出され、一方のレーザ素子の共振面と、もう一方のレーザ素子の共振面とが互いに対向した構造となる。つまり、エッチングにより、互いに対向する共振面と共振面とが連続してできる。

【0011】次に本発明の第2の工程では、このように連続して形成された対向する共振面と共振面との間にある、サファイア基板をA面若しくはM面で分割する。図1ではサファイア基板1の分割位置を一点鎖線でもって示している。図3はサファイア、および窒化物半導体の結晶構造を示すブロックセル図である。このように、サファイア、及び窒化物半導体結晶は六方晶系で近似できる。C面とはこの図で示す(0001)面に相当する面方位を指し、A面とは

【外1】

(1120)

面に相当する面方位を指し、M面とは

【外2】

(1100)

面に相当する面方位を指す。A面、M面ともそれぞれ六角柱の辺、あるいは頂点に沿ってそれぞれ6種類の面方位で示すことができるが、いずれも同じ面方位を示しているため、(外1)面、(外2)面がそれぞれの面方位を代表して示しているものとする。

【0012】窒化物半導体が成長されたサファイア基板を分割する手段には、例えば基板裏面をスクライビングして割る手段、同じく基板裏面をダイシングでハーフカットして割る手段、あるいはダイシングでフルカットする手段等があるが、何らかの手段で基板表面、裏面にカットラインを設けて基板を割る、即ち、基板を劈開して分割する手段を選択する方が好ましい。なぜなら、サファイアはダイヤモンドと同じくらいに硬い物質であるので、フルカットすると長時間を要し、さらに切断面にある窒化物半導体層に割れ、欠け等の欠陥が生じやすい傾向にあるからである。さらにサファイアをA面若しくはM面で割ると、劈開性がないといわれているサファイアでも、劈開したのと同様に正確な位置でまっすぐに割れやすい。このようにサファイアをA面若しくはM面で分割する際、基板の厚さを100 $\mu\text{m}$ 以下に調整することが望ましい。100 $\mu\text{m}$ よりも厚いと劈開により正確な位置で分割するのが難しい傾向にある。好ましくは窒化物半導体層の総膜厚を6 $\mu\text{m}$ 以上積層するか、または基板の上に成長させるn型コンタクト層を6 $\mu\text{m}$ 以上積層して、基板の厚さを60 $\mu\text{m}$ 以下まで薄くすると、レーザ素子では放熱性が良くなり長寿命となり、さらに劈開でも正確な位置で割りやすくなるという利点がある。

り、具体的にはサファイアC面上に窒化物半導体を積層して、エッチングにより共振面を形成した後、窒化物半導体層側から見たウェーハの形状を模式的に示す図である。図4に示すようにサファイアC面を主面とし、A面若しくはM面をオリフラ(オリエンテーションフラット)面とした基板では、図4の一点鎖線で示すように、オリフラ面に対して垂直な位置で基板を分割すれば、基板のA面若しくはM面でバー状のレーザ素子が得られる。そのため、エッチングにより共振面を形成する場合には、レーザの共振方向がオリフラ面に対して平行となるように、予め素子形状を設計する必要があることは言うまでもない。

【0014】次に本発明の製造方法の第3の工程では、共振面より突出した基板を含む部分が、共振面より出射されるレーザ光を遮らないようにすることを特徴としている。エッチングにより共振面を形成した場合、前にも説明したように、共振面と共振面との間で平面が現れる。通常はその平面部で分割するのであるが、平面部で分割すると共振面よりも外側に突出した部分が残る。図2は窒化物半導体レーザ素子の構造を示す模式的な断面図であり、レーザ光の共振方向に平行な方向で素子を切断した際の図を示している。図1の一点鎖線で示すような位置で素子を分割した場合、図2のB方向に示すように突出部の平面がレーザ光を反射させて、ファーフールドパターンを乱す。第3の工程では少なくとも一方の共振面より突出した基板を含む部分がA方向のようにレーザ光を遮らないようにするのである。そのための手段としては、例えば第1に、図1の一点鎖線で示すように、いずれか一方の分割位置を共振面に接近した位置に設定しておき、基板の分割と同時に、突出部がレーザ光を遮らないようにする手段がある。そのためには、基板を劈開することが最も好ましい。また第2に分割後に基板より突出した部分をエッチング、若しくは研磨により除去する手段がある。エッチングにはウェットエッチング、ドライエッチングの両方があるが、いずれを用いても良い。ウェットエッチングでは例えばリン酸、硫酸の混酸によるエッチング、ドライエッチングは上記したように、RIE等によるエッチングがある。

【0015】なお、本発明の第3の工程では共振面の少なくとも一方のレーザ光が、突出部に遮られないようにされていればよく、必ずしも両方ではない。例えば図2に示すように、一方の共振面側に突出部があっても、その突出部をレーザ光の取出側として用いず、単にフォトディテクターの検出側として用いる場合には、ファーフールドパターン形状は特に問われない。

【0016】また、図5は本発明の第1の工程による窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式的な断面図であり、図6は図5のウェーハを一点鎖線で分割した際のレーザ素子の構造を示す模式的な断面図である。図5、6

1、2と同一符号は同一部材を示すものとする。

【0017】図5が図1のウェーハと異なる点は、共振面の一方の分割位置を活性層が含まれる窒化物半導体層側としているところにある。このように一方の分割位置をエッチングにより露出した窒化物半導体層の平面とし、もう一方の分割位置を活性層が含まれる窒化物半導体層とすると、互いの共振面でそれぞれ反射率が異なり、反射率の小さい方の共振面側をレーザ光の取出側とすると、非常に高出力なレーザ素子が得られる。この場合、活性層が含まれる窒化物半導体を分割する場合、劈開で分割する必要がある。劈開により分割すると窒化物半導体層の活性層の端面には窒化物半導体の劈開による反射率の低い共振面が作製できる。

【0018】

【実施例】以下、図面を元に本発明の実施例について説明する。図7は本発明の方法によるレーザ素子の構造を示す模式的な断面図である。

【0019】〔実施例1〕

- 1) 厚さ300 $\mu$ m、2インチ $\phi$ のC面を主面とし、オリフラ面をM面とするサファイア基板1の上に
- 2) GaNよりなるバッファ層21を200オングストローム
- 3) Siドープn型GaNよりなるコンタクト層22を6 $\mu$ m
- 4) Siドープn型In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるクラック防止層23を500オングストローム
- 5) Siドープn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなるn型クラッド層24を0.5 $\mu$ m
- 6) SiドープGaNよりなるn型光ガイド層25を0.2 $\mu$ m(以上、n型層2)
- 7) SiドープIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる井戸層を25オングストロームと、SiドープIn<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nよりなる障壁層を50オングストロームと3ペア積層して最後に井戸層を積層した活性層3(活性層総厚、250オングストローム)
- 8) Mgドープp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp型キャップ層41を300オングストローム、
- 9) Mgドープp型GaNよりなるp型光ガイド層42を0.2 $\mu$ m
- 10) Mgドープp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなるp型クラッド層43を0.5 $\mu$ m
- 11) Mgドープp型GaNよりなるp型コンタクト層44を0.2 $\mu$ m(以上、p型層4)の膜厚で順に積層する。

【0020】2) バッファ層21はAlN、GaN、AlGa<sub>0.9</sub>N等を900℃以下の温度で成長させ、膜厚10オングストローム～0.5 $\mu$ m以下、さらに好ましくは20オングストローム～0.2 $\mu$ m以下の膜厚で成長できる。

Ga<sub>1-x-y</sub>N(0 $\leq$ X、0 $\leq$ Y、X+Y $\leq$ 1)、さらに好ましくはY値が0.5以下のAlYGa<sub>1-Y</sub>Nで構成することが好ましく、その中でもSi若しくはGeをドープしたGaNで構成することにより、キャリア濃度の高いn型層が得られ、またn電極と好ましいオーミック接触が得られる。この層は6 $\mu$ m以上で成長させ、さらに好ましくは7 $\mu$ m以上の膜厚で成長させることによりサファイア基板を60 $\mu$ m以下まで研磨できて、基板を劈開で割りやすくすると共に、レーザ素子の放熱性を向上させる作用がある。

【0022】4) クラック防止層23はInを含むn型の窒化物半導体、好ましくはInGa<sub>0.9</sub>Nで成長させることにより、次に成長させるAlを含むn型クラッド層を厚膜で成長させることが可能となり、非常に好ましい。LDの場合は、光閉じ込め層となる層を、好ましくは0.1 $\mu$ m以上の膜厚で成長させる必要がある。従来ではGaN、AlGa<sub>0.9</sub>N層の上に直接、厚膜のAlGa<sub>0.9</sub>Nを成長させると、後から成長させたAlGa<sub>0.9</sub>Nにクラックが入るので素子作製が困難であったが、このクラック防止層が、次に成長させるAlを含むn型クラッド層にクラックが入るのを防止することができる。クラック防止層は100オングストローム以上、0.5 $\mu$ m以下の膜厚で成長させることが好ましい。100オングストロームよりも薄いと前記のようにクラック防止として作用しにくく、0.5 $\mu$ mよりも厚いと、結晶自体が黒変する傾向にある。なお、このクラック防止層は成長方法、成長装置等の条件によっては省略することもできるがLDを作製する場合には成長させる方が望ましい。なお、このクラック防止層はn型コンタクト層内に成長させても良い。

【0023】5) n型クラッド層24はキャリア閉じ込め層、及び光閉じ込め層として作用し、Alを含む窒化物半導体、好ましくはAlGa<sub>0.9</sub>Nを成長させることが望ましく、100オングストローム以上、2 $\mu$ m以下、さらに好ましくは500オングストローム以上、1 $\mu$ m以下で成長させることにより、結晶性の良いキャリア閉じ込め層が形成できる。

【0024】6) n型光ガイド層25は、活性層の光ガイド層として作用し、GaN、InGa<sub>0.9</sub>Nを成長させることが望ましく、通常100オングストローム～5 $\mu$ m、さらに好ましくは200オングストローム～1 $\mu$ mの膜厚で成長させることが望ましい。

【0025】7) 活性層3は膜厚70オングストローム以下のInを含む窒化物半導体よりなる井戸層と、膜厚150オングストローム以下の井戸層よりもバンドギャップエネルギーが大きい窒化物半導体よりなる障壁層とを積層した多重量子井戸構造とするとレーザ発振しやすい。

【0026】8) キャップ層41はp型としたが、膜

されたi型としても良く、最も好ましくはp型とする。p型キャップ層の膜厚は0.1 $\mu$ m以下、さらに好ましくは500オングストローム以下、最も好ましくは300オングストローム以下に調整する。0.1 $\mu$ mより厚い膜厚で成長させると、p型キャップ層中にクラックが入りやすくなり、結晶性の良い窒化物半導体層が成長しにくいからである。またキャリアがこのエネルギーバリアをトンネル効果により通過できなくなる。Alの組成比が大きいAlGaIn程薄く形成するとLD素子は発振しやすくなる。例えば、Y値が0.2以上のAl<sub>1-y</sub>Ga<sub>1-y</sub>In<sub>y</sub>Nであれば500オングストローム以下に調整することが望ましい。p型キャップ層18の膜厚の下限は特に限定しないが、10オングストローム以上の膜厚で形成することが望ましい。

【0027】9) p型光ガイド層42は、n型光ガイド層と同じくGaIn、InGaInで成長させることが望ましい。また、この層はp型クラッド層を成長させる際のバッファ層としても作用し、100オングストローム～5 $\mu$ m、さらに好ましくは200オングストローム～1 $\mu$ mの膜厚で成長させることにより、好ましい光ガイド層として作用する。

【0028】10) p型クラッド層43はn型クラッド層と同じく、キャリア閉じ込め層、及び光閉じ込め層として作用し、Alを含む窒化物半導体、好ましくはAlGaInを成長させることが望ましく、100オングストローム以上、2 $\mu$ m以下、さらに好ましくは500オングストローム以上、1 $\mu$ m以下で成長させることにより、結晶性の良いキャリア閉じ込め層が形成できる。さらに前記のようにこの層をAlを含む窒化物半導体層とすることにより、p型コンタクト層と、p電極との接触抵抗差ができるので好ましい。

【0029】本実施例のようにInGaInよりなる井戸層を有する量子構造の活性層の場合、その活性層に接して、膜厚0.1 $\mu$ m以下のAlを含む窒化物半導体よりなるp型キャップ層を設け、そのp型キャップ層よりも活性層から離れた位置に、p型キャップ層よりもバッドギャップエネルギーが小さいp型光ガイド層を設け、そのp型光ガイド層よりも活性層から離れた位置に、p型光ガイド層よりもバンドギャップが大きいAlを含む窒化物半導体よりなるp型クラッド層を設けることは非常に好ましい。しかもp型キャップ層の膜厚を0.1 $\mu$ m以下と薄く設定してあるため、キャリアのバリアとして作用することはなく、p層から注入された正孔が、トンネル効果によりp型キャップ層を通り抜けることができ、活性層で効率よく再結合し、LDの出力が向上する。つまり、注入されたキャリアは、p型キャップ層のバンドギャップエネルギーが大きいので、半導体素子の温度が上昇しても、あるいは注入電流密度が増えても、キャリアは活性層をオーバーフローせず、p型キャップ

よく発光することが可能となる。従って、半導体素子が温度上昇しても発光効率が低下することが少ないので、閾値電流の低いLDを実現することができる。

【0030】11) p型コンタクト層44はp型のIn<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N (0 $\leq$ X, 0 $\leq$ Y, X+Y $\leq$ 1)で構成することができ、好ましくはMgをドープしたGaInとすれば、p電極50と最も好ましいオーミック接触が得られる。

【0031】以上の構成でサファイア基板1の上にn型層2、活性層3、p型層4よりなる窒化物半導体層を積層後、窒素雰囲気中、ウェーハを反応容器内において、アニーリングを行い、p型層中に含まれる水素の一部を除去し、p型層をさらに低抵抗化する。

【0032】次に、最上層のp型コンタクト層の表面に所定の形状のマスクを形成し、RIE(反応性イオンエッチング)装置で、図7に示すように、最上層のp型コンタクト層21と、p型クラッド層20とをメサエッチングして、4 $\mu$ mのストライプ幅を有するリッジ形状とする。

【0033】リッジ形成後、露出しているp型層の平面にマスクを形成し、ストライプ状のリッジに対して左右対称にして、n型コンタクト層22の平面を露出させると同時に、ストライプ状のリッジに対してほぼ垂直な位置に共振面を形成する。共振面形成後のウェーハの構造を示す図が図1である。なお、マスクの形状は図4に示すように、エッチング後に露出する凸部の窒化物半導体のストライプ方向がオリフラ面に対して平行となるようにする。また、n電極52を形成すべきn型コンタクト層22をリッジストライプに対して左右対称に露出させると同時に共振面を形成することにより、n層から注入される電流が活性層に対して均一に係るようになり、閾値が低下する。

【0034】次に、リッジ最上部のp型コンタクト層44に、NiとAuよりなるオーミック用のp電極50をほぼ全面に形成する。一方、TiとAlよりなるオーミック用のn電極52をストライプ状のn型コンタクト層のほぼ全面に形成する。なお、ほぼ全面とは80%以上の面積をいう。このようにn電極も全面に形成し、さらにリッジに対して左右対称に形成することにより閾値が低下する。

【0035】次に、電極形成後、電極側の窒化物半導体層、及びp電極50、n電極52全面に渡って、SiO<sub>2</sub>よりなる絶縁膜60を形成した後、p電極50、n電極52が形成された上部に相当する絶縁膜60にエッチングにより開口部を設ける。次いで、図7に示すように、この絶縁膜60を介してp電極50、及びn電極52と電氣的に接続したpパッド電極51、nパッド電極53を形成する。pパッド電極51は実質的なp電極50の表面積を広げて、p電極側をワイヤーボンディング

極のはがれを少なくして、n電極より注入できる電流を大きくできる作用がある。

【0036】以上のようにして、両電極を形成したウェーハを研磨装置に移送し、ダイヤモンド研磨剤を用いて、窒化物半導体を形成していない側のサファイア基板1をラッピングし、基板の厚さを $20\mu\text{m}$ とする。ラッピング後、さらに細かい研磨剤で $1\mu\text{m}$ ポリシングして基板表面を鏡面状とする。

【0037】(第2の工程)次に、ウェーハの共振面と共振面との中間をサファイア基板側からスクライブした後、ウェーハを押し割りバー状のレーザチップを作製する。このスクライブ方向はサファイア基板のA面に相当する。

【0038】さらに、バー状のレーザチップの両共振面に、プラズマCVD装置を用いて、 $\text{SiO}_2$ と $\text{TiO}_2$ よりなる誘電体多層膜を形成して反射鏡を形成する。

【0039】(第3の工程)反射鏡形成後、バー状のレーザチップの共振面側にある一方の突出した基板とn型コンタクト層とを、ラッピングして $5\mu\text{m}$ の長さに調整する。

【0040】以上のようにして、研磨して突出部を除去したバー状のレーザチップを、今度はn電極52に平行な位置で、スクライブにより分割して、矩形のレーザチップを得る。

【0041】以上のようにして得られたレーザチップを、フェースアップ(基板とヒートシンクとが対向した状態)でヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤーボンディングして、室温でレーザ発振を試みたところ、閾値電流密度 $1.5\text{ kA}/\text{cm}^2$ 、閾値電圧6Vで、発振波長 $405\text{ nm}$ の連続発振が確認され、研磨した側の共振面から出射されるレーザ光のファースフィールドパターンは基板水平方向に対して上下対称の楕円形を示し、レーザ光の反射による干渉が現れていなかった。

【0042】[実施例2]実施例1の第2の工程において、図1の一点鎖線に示すように、エッチングにより形成した共振面に接近した位置(およそ $5\mu\text{m}$ )の位置で、サファイア基板の裏側をスクライブした後、ウェーハを押し割りバー状のレーザチップを作製する。この工程により実施例1における第2の工程と第3の工程とが同時に行える。

【0043】後は実施例1と同様にしてレーザ素子を作製したところ、実施例1のレーザ素子と同様に連続発振を示し、 $5\mu\text{m}$ の突出部の共振面側から出るレーザ光のファースフィールドパターンは楕円形状を有しており、レーザ光の反射による干渉が現れていなかった。

【0044】[実施例3]実施例1の第2の工程において、共振面と共振面との中間にあたるサファイア基板を裏面からダイサーでハーフカットする。ハーフカット後、ウェーハを押し割りバー状のレーザチップを作製す

を研磨して $5\mu\text{m}$ に調整した後、レーザ素子としたところ、実施例1と同様に、 $5\mu\text{m}$ の突出部の共振面から出るレーザ光のファースフィールドパターンは楕円形状を有していた。

【0045】[実施例4]実施例1において、基板1にC面を主面とし、A面をオリフラ面とする2インチφのサファイアを用いる他は同様にして窒化物半導体を積層する。

【0046】さらに第2の工程において、図1に示すようにウェーハの共振面に接近した位置(約 $5\mu\text{m}$ )でサファイア基板側からスクライブした後、ウェーハを押し割りバー状のレーザチップを作製する。このスクライブ方向はサファイア基板のM面に相当する。その他は実施例1と同様にしてレーザ素子を作製したところ、同様に $5\mu\text{m}$ の突出部のある共振面から出るレーザ光のファースフィールドパターンは楕円形状であった。

【0047】[実施例5]実施例1の第2の工程において、図5に示すように、一方は活性層を有する窒化物半導体層の中心(つまり、レーザの共振器長の半分)、もう一方は共振面に $5\mu\text{m}$ の距離で接近した位置に相当するサファイア基板の裏面側をスクライブした後、同様に押し割ってバー状のレーザ素子を得る。このレーザ素子の構造を示す模式的な断面図が図6であり、共振面の一方はエッチング、もう一方は劈開により形成されている。また反射鏡はエッチング面のみ形成されてエッチング面側の共振面の反射率が、劈開面よりも高く調整されている。

【0048】後は実施例1と同様にしてレーザ素子を作製したところ、劈開面側の共振面から出射されるレーザ光の出力は、実施例1のものに比べて1.5倍あった。

【0049】[実施例6]実施例1において、エッチングによりn型コンタクト層22の表面を露出させる工程と、共振面を形成する工程とを同時に行った後、露出したn型コンタクト層の22の表面にマスクを形成して、さらに共振面側のn型コンタクト層をエッチングしてサファイア基板1の表面を露出させる。このように共振面側のエッチングをサファイア基板1が露出するまで行うことにより、基板劈開時に割る箇所がサファイア基板のみとなるため、窒化物半導体層に分割時の衝撃が伝わりにくくなる。このため窒化物半導体結晶(n型層)に割れ、欠け等を発生しにくくできるという利点がある。

【0050】後は実施例2と同様に、第2の工程と第3の工程とを同時に行い共振面側のサファイア基板がレーザ光を遮らないようにする。このレーザ素子も同様に楕円状のレーザビーム形状を有していた。

【0051】

【発明の効果】共振面から突出した部分を有するレーザ素子では、活性層から出射されるレーザ光の一部が、基板が分割された後に残留するエッチング平面で反射、及

光の一部が、残留する基板、窒化物半導体等により反射されると、出力が低下し、ビームが斜め方向に出射され基板水平方向に対して、上下対称なファースフィールドパターンが得られない。特に、半導体レーザーの場合、レーザー光が出射される共振面の前にはレーザー光を集光する目的でレンズが設けられる。出射光側にレーザー光を遮る他の部材があると、例えば集光がうまく行えない可能性がある。しかし、本発明のレーザー素子によるとレーザー光が水平に出射されるために、前記問題を解決でき、レーザー光の集光が容易となる。またサファイア基板のC面上に窒化物半導体を成長させて、M面、A面で分割するので、真っ直ぐに正確な位置で分割することが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の工程による窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式断面図。

【図2】 図1の一点鎖線でウェーハを分割した際のレーザー素子の構造を示す模式断面図。

【図3】 サファイア、及び窒化物半導体の結晶構造を示すブロックセル図。

【図4】 窒化物半導体ウェーハの平面図。

【図5】 本発明の第1の工程による窒化物半導体ウェーハの構造を示す模式断面図。

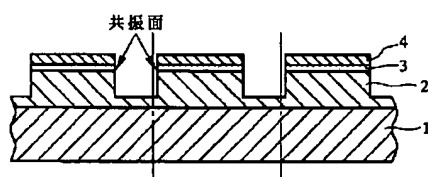
【図6】 図5の一点鎖線でウェーハを分割した際のレーザー素子の構造を示す模式断面図。

【図7】 本発明の方法によるレーザー素子の構造を示す模式断面図。

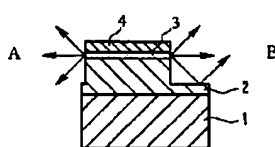
#### 【符号の説明】

- 1・・・サファイア基板
- 2・・・n型層
- 3・・・活性層
- 4・・・p型層
- 21・・・バッファ層
- 22・・・n型コンタクト層
- 23・・・クラック防止層
- 24・・・n型クラッド層
- 25・・・n型光ガイド層
- 41・・・キャップ層
- 42・・・p型光ガイド層
- 43・・・p型クラッド層
- 44・・・p型コンタクト層
- 50・・・p電極
- 51・・・pパッド電極
- 52・・・n電極
- 53・・・nパッド電極
- 60・・・絶縁膜

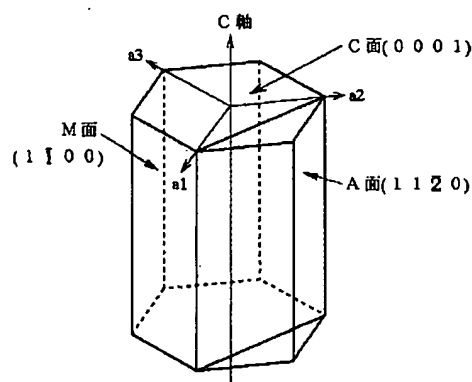
【図1】



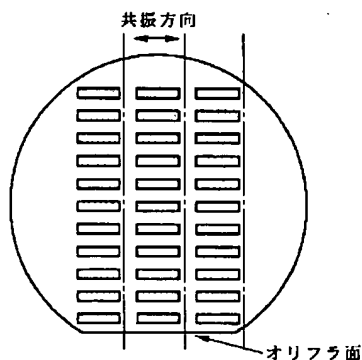
【図2】



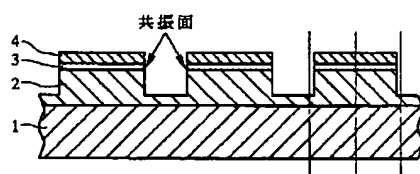
【図3】



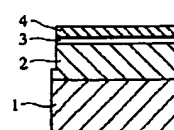
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

